

# Gravitacional - Laderas 1



***Paloma Fernández García***  
***Dpto. Geodinámica. Facultad C.C. Geológicas***  
***Universidad Complutense de Madrid***



# Gravitacional



Fotografía: Esteban Faci



- ***Que son los Movimientos Gravitacionales ?***
- ***Que variedades existen y cuales son sus características ?***
- ***Por que se producen ?***
- ***A que ambientes afecta ?***
- ***Se pueden llegar a prevenir ?***

# **FORMAS Y PROCESOS GRAVITACIONALES**

## **MOVIMIENTOS EN MASA**

## **PROCESOS EN LADERAS**

*Movimientos descendentes de masas de tierras o rocas, sin la intervención directa de ningún agente físico (río, hielo). La inestabilidad es producida por causas externas y por su propio peso.*

*Presentan velocidades muy variadas, con carácter continuo o a impulsos*

## **CLASIFICACION**

**CAIDAS (Falls)**

**DESPRENDIMIENTOS  
VUELCOS**

**DESLIZAMIENTOS (Slides)**

**PLANARES  
ROTACIONALES**

**FLUJOS (Flows)**

**REPTACION.  
SOLIFLUXION  
COLADAS, ETC.**

**COMPLEJOS**

# Descripción simplificada de los principales Movimientos

## **Caídas:**

Desprendimiento: Movimiento al vacío, con predominio de la trayectoria vertical

Vuelco: Movimiento de abertura de bloques en cabecera, por fracturación subvertical en laderas

## **Deslizamientos: Traslacionales / Rotacionales**

Desplazamientos de grandes bloques al iniciarse la rotura, bien a favor de superficies planas (o asimilables a planas), o bien sobre superficies curvadas

Siempre hay una superficie que soporta el movimiento

## **Flujos:**

Movimientos de deformación prácticamente continua, de una masa de tierra revuelta y desorganizada

## **Movimientos complejos:**

De origen desconocido, de origen combinado o múltiple, previos o colaterales de otros etc.

### **Expansión lateral:**

Movimientos con desplazamiento lateral sobre bases licuefactibles



# TIPOS DE MOVIMIENTOS

## Criterios usados en la Clasificación:

### •Tipo de litología:


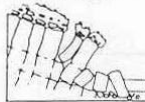





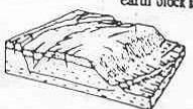

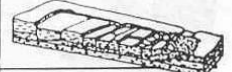
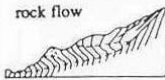
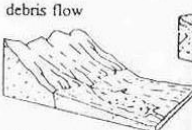

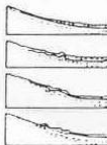

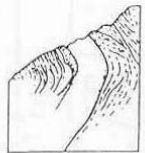



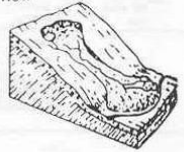
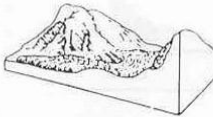


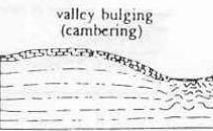
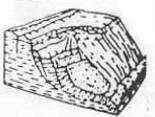
### Rocas - Suelos - Derrubios

**Rocas: estructuras de discontinuidad (fracturas, estratos)**

### **Otros aspectos**

- Inclinación de la ladera: valor de la pendiente
- Tipo de cabecera: lugar donde se produce el arranque
- Forma que presenta la roca o tierras desestabilizada
- Velocidad potencial del movimiento

(Varnes), 1978

TYPE OF MOVEMENT	TYPE OF MATERIAL		
	ROCK	DEBRIS	EARTH
FALLING	rock fall 	debris fall	earth fall
TOPPLING	rock column topple 	debris topple 	earth topple
SLIDING OR SLUMPING	rotational: rock slump 	debris slump	earth slump 
	translational: rock slide 	debris slide 	earth block slide 
LATERAL SPREADING	lateral spread of rock blocks 		lateral spread of earth 
FLOW	rock flow 	debris flow 	sand flow 
	 soil creep  block flow 	debris avalanche  soil creep  block flow 	earth flow 
COMPLEX TYPES	rockfall-debris flow-debris avalanche 	rock topple and slump  rock fall and slide 	valley bulging (cambering)  earth flow-slump 

Paloma Fernández García

# TIPOS DE MOVIMIENTOS

- Simplifica la “clase de material” a dos tipos

- Aparece el “rango general de velocidad” cm/s (peligrosidad o amenaza)

(Hutchinson), 1988

TIPO DE MOVIMIENTO	CLASE DE MATERIAL		RANGO GENERAL DE VELOCIDAD EN LOS MOVIMIENTOS (cms/sg)
	MEDIOS ROCOSOS	SUELOS	
DESPRENDIMIENTOS			$10^3$ $10^4$ $10^5$ $10^6$ $10^7$ $10^8$ $10^9$ $10^{10}$ $10^{11}$ $10^{12}$ $10^{13}$ $10^{14}$ $10^{15}$
VUELCOS (toppling)			EXTREM. RÁPIDO MUY RÁPIDO RÁPIDO LENTO MUY LENTO EXTREM. LENTO
DESPLAZAMIENTOS ROTACIONALES			
DESPLAZAMIENTOS TRASLACIONALES			1) 2) 3)
PANDEO (Buckling)			
EXTENSIONES LATERALES			
COLADAS			1) 2) 3)
MOVIMIENTOS COMPLEJOS			



Paloma Fernández García

# Velocidad de los movimientos

**Cuadro 1. Escala de velocidad de los movimientos de ladera (Cruden y Varnes, 1996)**

CLASE	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD (mm/seg)	VALORES TÍPICOS	DAÑOS PROBABLES
7	Extremadamente rápido	$5 \times 10^3$	5 m/s	Violento y catastrófico. Destrucción de edificios por impacto de la masa deslizada.
6	Muy rápido	$5 \times 10^1$	3 m/min	Es difícil escapar. Algunos muertos. Destrucción de edificios y estructuras.
5	Rápido	$5 \times 10^{-1}$	1.8 m/h	Es posible escapar. Destrucción de edificios y estructuras.
4	Moderado	$5 \times 10^{-3}$	13 m/mes	Algunas estructuras pueden mantenerse temporalmente.
3	Lento			Pueden aplicarse medidas correctoras. Las estructuras y edificios pueden mantenerse.
2	Muy lento	$5 \times 10^{-5}$	1.6 m/año	Las estructuras permanentes no resultan dañadas en general.
1	Extremadamente lento	$5 \times 10^{-7}$	16 mm/año	Imperceptible si no es con instrumentación. Es posible la construcción con precauciones.



## A que Ambientes afecta?



*Embalse de La Cuerda del Pozo, Soria*

- **Ecosistemas naturales de fuerte relieve: Parques naturales, desfiladeros, acantilados, zonas de montaña, etc**
- **Afección a obra civil de muy diferentes características: carreteras; ferrocarril, laderas de embalses**
- **Afección en minería (extracciones) y canteras. También vertidos y escombreras**
- **Afección a zonas urbanizadas y poblaciones de rápido desarrollo: (zonas de montaña) y lugares de ocio**

*Zonas mineras extensivas, Cartagena*

# **FACTORES CONDICIONANTES DE LOS MOVIMIENTOS**

**(variables “internas” al sistema o que predisponen al movimiento)**

## **Características Litológicas de la ladera:**

**Medios Rocosos muy fracturados**

**Materiales de baja compactación: suelos y derrubios**

## **Características Estructurales – Estratigráficas:**

**Tipo de Fracturación. Densidad.**

**Estado de meteorización de las juntas**

**Características Litológicas de la ladera**

**Series alternantes de diferente competencia**

Factores	RMR <sub>1979</sub>
Resistencia de la roca matriz.	0-15
RQD (ver definición)	3-20
Espaciado de las diaclasas	5-20
Estado de las diaclasas	0-30
Efecto del agua	0-15
Orientación relativa sistema de discontinuidades- talud	-60-0

## **Características Morfológicas:**







**Clasificación Geomecánica( Bieniawski, 1989)**

**Valor de la Inclinación de la ladera o talud y cambios de pendiente**

**Características del relieve del entorno (efecto sitio)**



## Tramos de pendiente de una ladera y Procesos Activos asociados ( Demek, 1972)

Pendiente	Clase suelo	Morfología más común	Procesos básicos
0-30'	Plano	Llanura aluvial, llanura proglaciar, superficies de erosión y terrazas	Ausencia total de lavado y deslizamientos
0° 30'-2°	Casi plano	Similar al anterior; sandur, planicies onduladas, pediments y relieves tabulares	Congelifluxion, regueros poco incisivos y solifluxión incipiente
2°-5°	Débilmente inclinado	Ondulado en zonas de tillas (morrenas) basales, drumlins, fondos de valle y relieves tabulares.	 Movimiento en masa, solifluxión, procesos fluviales, inicio de erosión en reguero y lavado.
5°-15°	Muy inclinado	Valles en montañas medias, morrenas terminales y relieves estructurales monoclinales tipo cuesta.	 Movimiento en masa, erosión en manto y reguero, fenómenos de creep, inicios deslizamiento.
15°-25°	Débilmente escarpado	Laderas en montañas medias, morrenas terminales y relieves estructurales tipo cuesta	 Erosión lineal muy incisiva. Peligro de destrucción del suelo; conos de deyección; deslizamientos y caídas.
25-35°	escarpado	Relieves estructurales tipo hogbacks, crestas y acantilados costeros en areniscas, calizas o similares	 Erosión lineal muy incisiva. Peligro de destrucción del suelo; conos de deyección; deslizamientos y caídas.
35°-55°	Precipicio	Escarpes en gargantas, crestas y acantilados en areniscas, calizas o similares.	 Caídas en masa, deslizamientos y colapsos.
>55°	Vertical	Cornisas y acantilados en calizas, areniscas o similares.	 Caídas, colapsos, deslizamientos y desagregación granular.

# ALTERNANCIA DE LITOLOGÍAS





# **FACTORES DESENCADENANTES DE LOS MOVIMIENTOS**

*(variables “externas” al sistema o que superan un límite)*

## **CONTENIDO EN AGUA ( agua acumulada)**

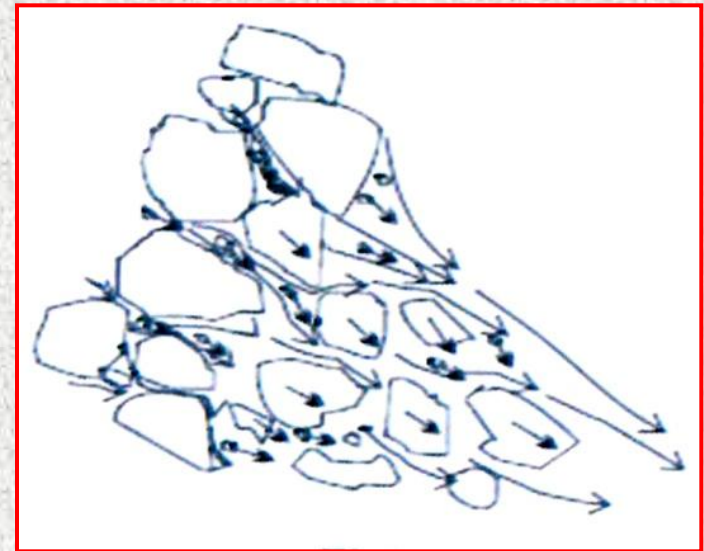
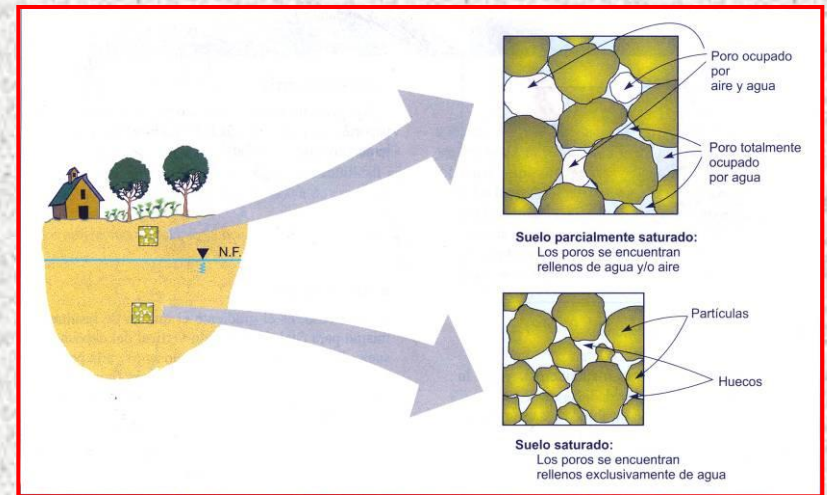
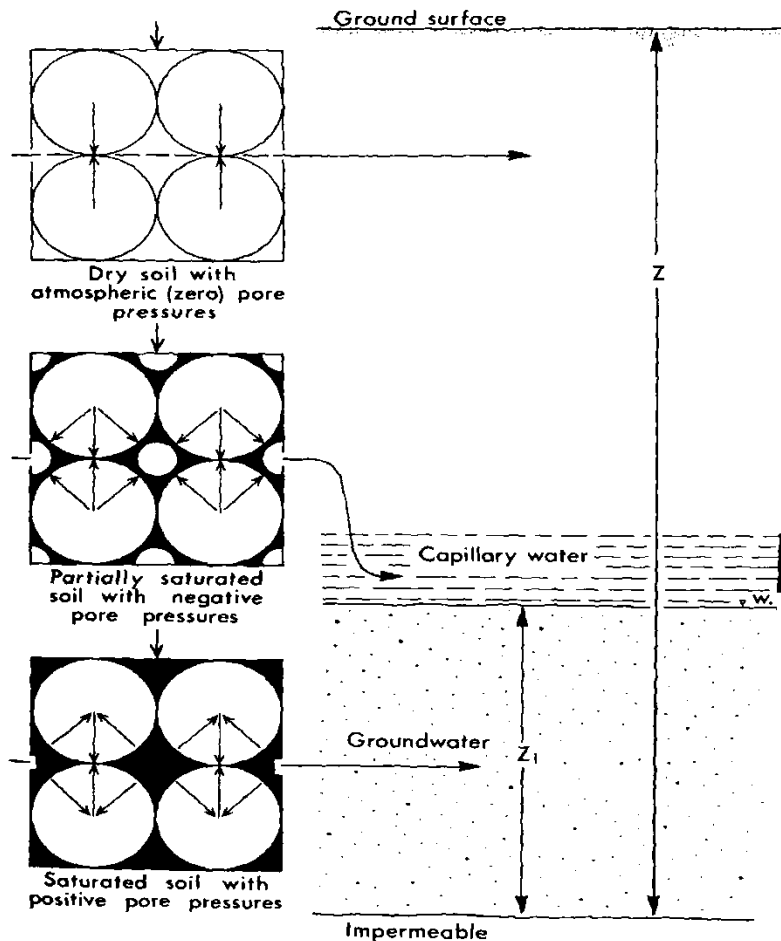
- *Aumento de peso por saturación*
- *Aumento de presión intergranular con perdida de cohesión y resistencia del material*
- *Aumento de volumen (hinchamiento, deformabilidad)*
- *Transformación de minerales a variedades mas inestables*
- *Reorientación de cristales y partículas, por efecto “lubricante” del agua*

## **ACTIVIDAD SÍSMICA RECIENTE (*directa o indirecta*)**

**MEDIOS DE INCIDENCIA ANTROPICA (*minería; voladuras; obra civil; incendios; etc*)**

**Zona no saturada: aire y agua**

**Zona saturada: agua (aumento de la presión intersticial)**



**Lixiviados internos producen piping y reorientación de partículas**



## CONTENIDO EN AGUA Y DESLIZAMIENTOS

La frecuencia de los deslizamientos se relaciona con la precipitación y con la infiltración

En los deshielos, los procesos se retardan

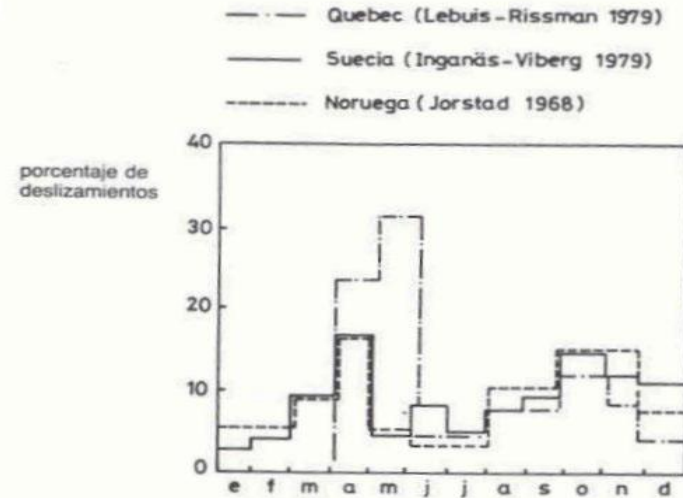


Fig. 1.- Relación entre ocurrencia de deslizamientos y el mes del año en Quebec, Noruega y Suecia (Tavenas y Lerouell (3)).

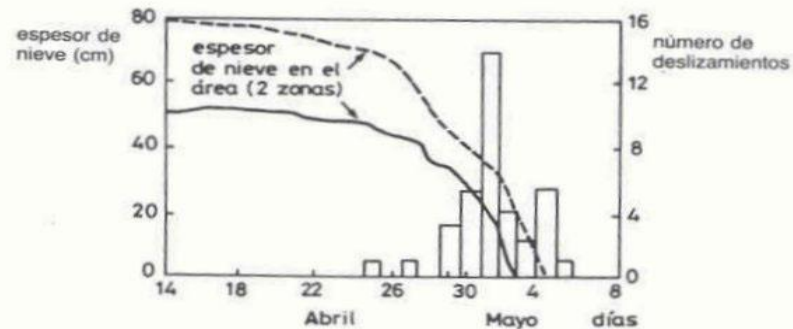


Fig. 2.- Relación entre la ocurrencia de deslizamientos y el deshielo en Noruega (Jérstad (4)).





**Coluvión de bloques con matriz arcillosa**

*Paloma Fernández García*



